

**PENGARUH INOKULASI MANGAN PADA BESI COR KELABU
TERHADAP KEKUATAN TARIK**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA



PUBLIKASI ILMIAH

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Disusun :

**ADHI NUGROHO
D 200 110 025**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH INOKULASI MANGAN PADA BESI COR KELABU
TERHADAP KEKUATAN TARIK**

PUBLIKASI ILMIAH

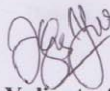
oleh:

ADHI NUGROHO

D 200 110 025

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Yulianto, ST, MT
NIK. 700

HALAMAN PENGESAHAN
PENGARUH INOKULASI MANGAN PADA BESI COR KELABU
TERHADAP KEKUATAN TARIK

OLEH

ADHI NUGROHO

D 200 110 025

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Kamis, 20 Oktober 2016

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Yulianto, ST, MT

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Patna Partono, ST, MT

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Joko Sedyono, ST, M.Eng, Ph.D

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT, Ph.D

NIK.682

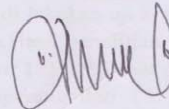
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, Kamis 20 Oktober 2016

Penulis



ADHI NUGROHO

D 200 110 025

PENGARUH INOKULASI MANGAN PADA BESI COR KELABU TERHADAP KEKUATAN TARIK

Adhi Nugroho, Agus Yulianto, Patna Partono

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl.A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Surakarta

Email : Adhinugroho1993@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh inokulasi mangan pada besi cor kelabu terhadap kekuatan tarik. Penelitian ini menggunakan cetakan pasir dengan pola kayu silinder. Metodologi penelitian ini dilakukan dengan melting besi cor dalam tungku induksi kemudian dituang pada cetakan pasir untuk membuat spesimen besi cor kelabu. Pengujian untuk mengetahui temperatur melting dan komposisi kimia C dan Silikon dalam bentuk cairan besi cor kelabu menggunakan alat uji CE Meter lalu pada spesimen besi cor kelabu dilakukan uji komposisi kimia dan uji tarik kemudian uji kekerasan dan foto mikro. Hasil penelitian berupa grafik yang diperoleh dari CE Meter menunjukkan temperatur 1315,2°C saat proses tapping awal dituang dalam cetakan. Pada penurunan temperatur dari 1315,2°C sampai dengan 1155,2°C bentuk logam adalah cair, dengan nilai CEL=4,17% ; C=3,60% ; dan Si=2,24%. Setelah temperatur 1155,2°C logam mulai membeku sampai logam membeku semua pada temperatur 1113,2°C, pada kondisi itu logam berwarna merah. Pada hasil komposisi kimia terdapat 20 unsur tetapi hanya 6 unsur yang dapat berpengaruh pada besi cor yaitu Fe, C, Si, Mn, Cr, dan Ni. Pada gambar struktur mikro terlihat ada grafit, perlite, dan cementite, yang mempengaruhi harga kekerasan. Hasil uji Tarik menunjukkan dengan penambahan Mn mendapat hasil yang paling tinggi yaitu 209,81 N/mm² dan hasil kekerasannya didapat 41,14 HRB. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan mangan dapat meningkatkan nilai kekerasan dan juga kekuatan tarik.

Kata kunci : Inokulasi, besi cor kelabu, ce meter, uji tarik, kekerasan.

Abstracts

This study aims to determine the effect of inoculation of manganese in gray cast iron to strength power. This study uses sand molds with cylindrical wood pattern.

Methodology this study is done with cast iron melting in induction fireplace and then is poured in sand molds for making gray cast iron specimen. This research to determine the melting temperature and chemical composition C and silicon in the form of liquid gray cast iron using test equipment CE Meter then the gray cast iron specimen research the chemical composition and power strength research and then the hardness test and micro photo. The result of the research is a chart obtained from CE METER shows the temperature 1315.2°C during tapping beginning poured into the mold. A decrease in temperature of up to 1155.2°C , 1315.2°C form is a liquid metal with CEL value = 4.17%; C = 3.60%; Si = 2.24%. After the temperature 1155.20°C metal begins to freeze. The metal freeze all at temperatures 1113.20°C , on the condition of the red metal. On the results of the chemical composition contained 20 kinds, but only 6 elements which can influence on cast iron are Fe, CSi, Mn, Cr and Ni. In the picture shows the graphite microstructure, perlite and cementite, which affected the price of hardness. Power test results showed the addition of Mn got the highest of 209,81 N / mm² and the results obtained 41.14 HRB hardness. Based on these data it can be concluded that the addition of manganese can increase the hardness and power strength.

Keywords: inoculation, gray cast iron, CE meter, tensile testing, hardness

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Awal penggunaan logam oleh orang, ialah ketika orang membuat perhiasan dari emas atau perak tempaan, dan kemudian membuat senjata atau mata bajak dengan menempa tembaga. Kemudian secara kebetulan orang menemukan tembaga mencair, selanjutnya mengetahui cara untuk menuang logam cair kedalam cetakan, dengan demikian untuk pertama kalinya orang dapat membuat coran yang berbentuk rumit.

Inokulasi merupakan bagian penting pada pembuatan besi cor berkualitas, khususnya besi cor kelabu dengan kekuatan tarik tinggi dan juga besi cor nodular. Pengendalian maupun kecermatan/ ketepatan proses menjadi suatu keharusan untuk mencapai hasil yang memuaskan. Prinsipnya adalah, bahan inokulasi (*inokulan*) harus dapat tercampur secara homogen dengan cairan. Sehingga dengan demikian inokulan harus dapat ikut bersama dengan curahan cairan kedalam ladle baik pada saat pada saat tapping (*furnace to ladle*) atau pada saat pemindahan dari ladle utama ke ladle penuang (*ladle to ladle*). Bahkan pada perkembangan selanjutnya inokulasi dilakukan pada penghujung proses yaitu pada saat penuangan (*ladle to mold*). (Widodo R)

Melihat penjelasan di atas maka dilakukan penelitian dengan konsep inokulasi dengan penambahan mangan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanisnya.

1.2 Tujuan

1. Meneliti titik temperatur cair, komposisi kimia, dan struktur mikro pada besi cor kelabu sesudah dan sebelum di inokulasi.
2. Mengetahui pengaruh inokulasi dengan unsur mangan pada kekuatan Tarik besi cor kelabu dan harga kekerasan

1.3 Batasan Masalah

1. Pembuatan cetakan pasir dengan pola kayu silinder
2. Pembuatan specimen besi cor kelabu dengan penambahan mangan
3. Pengujian secara mekanis (tarik, dan kekerasan) dan fisis (komposisi kimia, dan struktur mikro)

1.4 Tinjauan Pustaka

Besi cor adalah material paling banyak digunakan paduan dan inokulasi. Fenomena ditemukan pada tahun 1920 dan di patenkan oleh Meeh pada tahun 1924. Ada banyak studi tentang fenomena ini yang dirangkum dan dianalisis. Unsur-unsur tersebut seperti Ba, Ca dan Sr, biasanya yang banyak dipalasi yaitu ke *ferro silicon*, *Ferro silicon* inokulan yang penting dari besi cor. *Ferro silicon* yang mengandung unsur-unsur tersebut diperlakukan sebagai kompleks inokulan. (Fraś & Górny, 2012)

Suspensi yang mengandung inokulasi bubuk dikembangkan dan disemprotkan ke permukaan rongga cetakan pasir sebelum pengecoran. Pemeriksaan metalografi dan pengukuran kekerasan *Brinell* menunjukkan bahwa dengan metode ini suatu struktur mikro diinokulasikan mengandung grafit tipe A dengan *reproducibly* dicapai dari *hypoeutectic* lelehan besi cor kelabu. Efek ini dapat ditampilkan di seluruh specimen dan statistik yang signifikan di daerah specimen terfokus sebelah permukaan dan pusat. Ukuran serbuk agen inokulasi untuk 100-200µm yang paling cocok untuk mencapai sejumlah besar grafit tipe A dan homogen kekerasan *Brinell* rendah. (Fischer, Groß, Bührig-polaczek, & Bünck, 2015)

Penelitian ini merupakan tinjauan literatur dan percobaan pengecoran yang dirancang untuk mengetahui peran Mn dan S pada kekuatan besi cor kelabu. Tinjauan literatur menunjukkan bahwa ada dua prinsipal di kandungan kimia besi cor kelabu, dimana tingkat Mn dan S berada di bawah batas kelarutan MnS pada suhu solidifikasi, dan wilayah atas batas kelarutan. Ada dua puluh empat bagian cor yang di produksi memanaskan hingga 3 inci untuk menyelidiki pengaruh S kekuatan pada tiga tingkatan Mn, termasuk konsentrasi S rendah, di mana S

adalah sepenuhnya larut dan tidak ada curah hujan MnS terjadi sebelum dimulainya pemadatan *eutektik*. Pada setiap tingkat Mn, S akan semakin meningkat sampai MnS diendapkan dan meleleh sebelum *reaching* suhu eutektik. Pada nilai karbon setara (CE) dari 3,9-4,0 dan paduan cukup dengan Cu dan Sn untuk menjamin struktur sepenuhnya perlitik. Kekuatan tarik, kekerasan, lebar dingin, dan penangkapan termal ditentukan. Kekuatan tarik pertama meningkat dengan belerang, mencapai tingkat kekuatan maksimum, dan kemudian menurun dengan kenaikan lebih lanjut dalam sulfur. (Gundlach & Pipe, 2015)

Penentuan sifat tarik logam atau paduan didasarkan pada jenis dan bentuk yang ditemukan, aspek pentingnya. Ketebalan tarik spesimen, lebar, dan bergulir ke arah gaya mempengaruhi sifat tarik logam konvensional seperti lembaran tembaga. Namun demikian, standar spesimen tarik masih belum ditentukan khususnya yang berkaitan dengan bahan canggih seperti dinding tipis ulet besi (TWDI). Menyusul temuan terbaru dari penyimpangan besar sifat tarik di piring TWDI, makalah ini menjelaskan studi tentang pengaruh lebar spesimen pada sifat tarik dari aluminium dan baja lembaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki apakah perilaku yang sama dari sifat tarik dari TWDI juga akan terjadi pada logam lainnya. Seperti diterima komersial lembaran aluminium kelas umum struktur baja hot-rolled digunakan untuk spesimen tarik sesuai dengan standar JIS Z2201 No. 13. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aluminium lebih sensitif terhadap lebar spesimen tarik dari baja dibandingkan. (Sulamet-Ariobimo et al., 2016)

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Pengolahan Pasir dan Pembuatan Pola
Langkah awal untuk pembuatan cetakan pasir dengan pola kayu silinder dengan panjang 30cm
2. Peleburan Tumpu induksi
Peleburan dilakukan di PT BONJOR JAYA Klaten.
3. Proses Pouring kedalam Cetakan Pasir
Proses pouring dilakukan sesudah peleburan selesai kemudian di tuang kedalam ladle besar diteruskan ke ladle kecil dengan penambahan Mn sebelum dituang

ke cetakan pasir di tuang dahulu ke cup CE METER untuk mengetahui temperature dan waktu pendinginan

4. Pembongkaran Pembersihan Dan pembubutan spesimen
Proses pembongkaran dalam cetakan pasir dilakukan saat specimen sudah dingin dengan melepas saluran alir, membersihkan pasir-pasir yang menempel pada specimen, dan pembubutan untuk membentuk specimen supaya bisa di uji Tarik sesuai standar JIS Z 2201 No 8B
5. Pengujian
Pengujian meliputi Pengujian Tarik dilakukan dengan standar JIS 2201 No 8B, pengujian CE METER, pengujian kekerasan dengan standar Rockwell SNI 19.0407 1998, Pengujian Komposisi dan pengujian struktur mikro dengan pembesaran 100x,200x, dan 500x
6. Analisa dan pembahasan
Mencatat data hasil penelitian dan melakukan pembahasan lebih lanjut.Diharap dapat mempunyai hasil positif.
7. Kesimpulan
Menyimpulkan data dan hasil pembahasan.

2.2 Alat dan Bahan

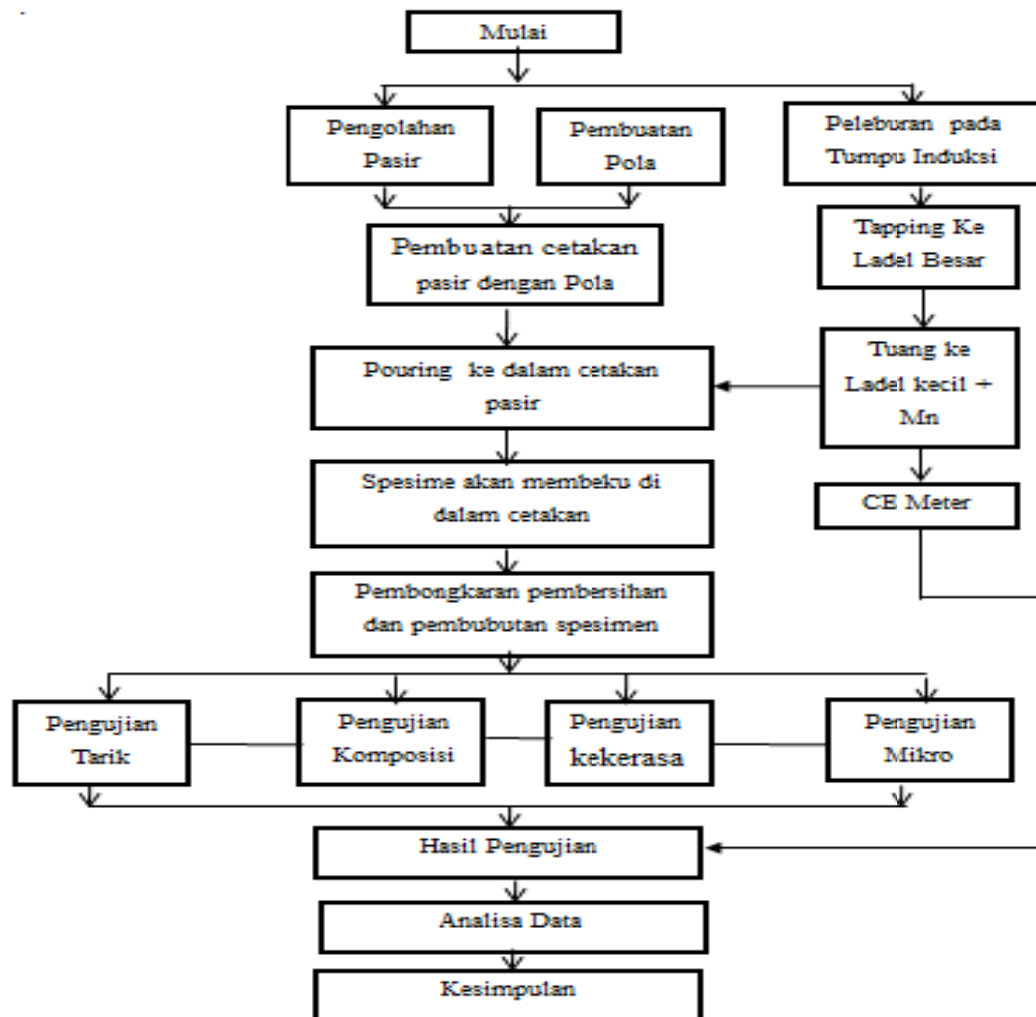
Bahan yang perlu dipersiapkan dalam penelitian adalah: (1) Mangan (Mn), (2) *Melting* besi cor kelabu, (3) Cetakan pasir,

Alat yang perlu dipersiapkan dalam penelitian adalah (1) *CE METER*, (2) Cetakan Pasir, (3) Jangka Sorong , (4) Timbangan Digital,

Alat yang digunakan dalam pengujian adalah (1) Alat Uji Tarik), (2) Uji Kekerasan *Rockwell B*, (3) Alat Uji Komposisi Kimia, (4) Alat Foto mikro

2.3 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah penelitian mengacu pada diagram alir berikut:

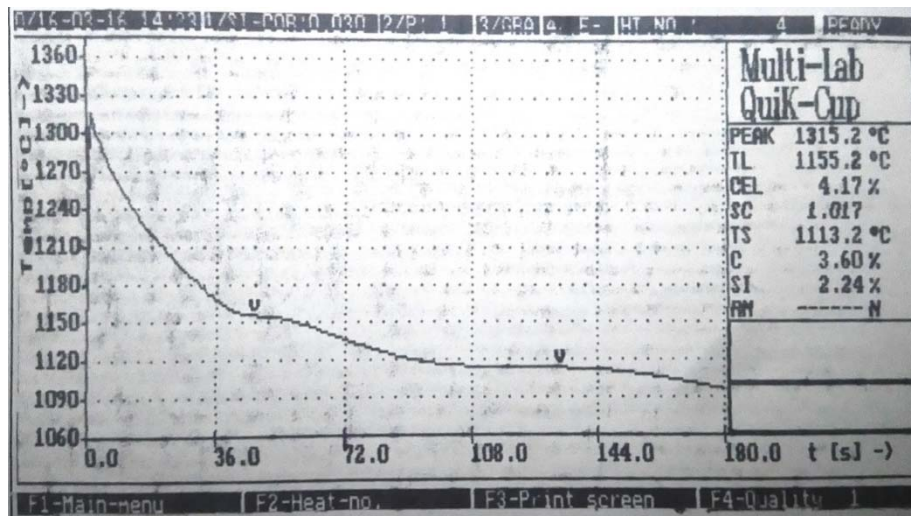


Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Ce Meter

Hasil uji CE meter pada besi cor kelabu bertujuan untuk mengetahui temperatur dan waktu pendinginan serta perubahan unsur pada setiap tahap, mulai dari temperatur saat besi dituang, temperatur *liquid*, temperatur *solid*, dan temperatur saat besi membeku



Gambar 3.1 Hasil CE METER

Pada hasil pengujian peleburan logam menggunakan CE meter diperoleh temperatur awal saat dituang dalam cetakan 1315.2°C, temperatur *liquid* 1155.2°C bentuknya masih cair, temperatur *solid* 1113.2°C dimana besi mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur akhir 1060°C dimana besi telah beku.

3.2 Hasil Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui prosentase kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam benda uji. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji Spektrum Komposisi Kimia Universal (*spectrometer*) yang bekerja secara otomatis. Pengujian dilakukan dengan penembakan terhadap permukaan sampel uji (yang sudah dihaluskan) dengan gas argon. Penembakan dilakukan sebanyak 2 titik. Dalam penelitian uji komposisi kimia dilakukan di laboratorium POLMAN, Cepur Klaten

Tabel 3.1 Tabel Komposisi Kimia

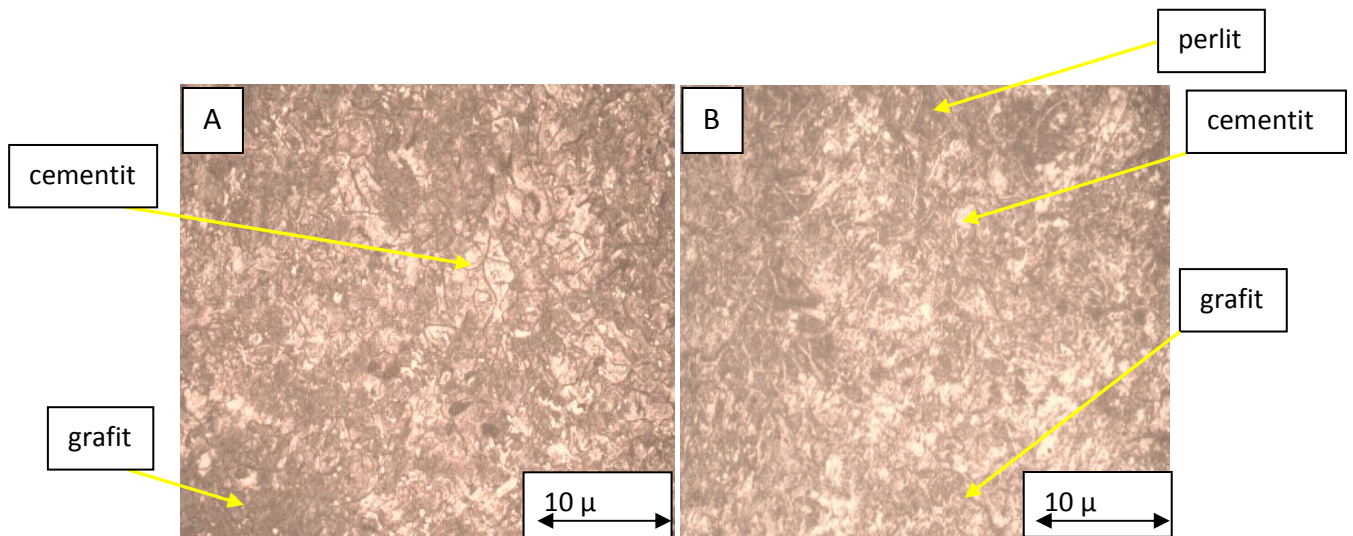
No	Kandungan Unsur	Spesimen Uji	Standar Deviasi
1	Fe 2	93,57	0,0512
2	C	3,43	0,0315
3	Si	1,88	0,0175
4	Mn 1	0,414	0,0037
5	P	0,082	0,0109

6	S	0,033	0,0029
7	Cr 1	0,126	0,0018
8	Mo	0,048	0,0003
9	Ni 1	0,119	0,0004
10	Al	0,023	0,0002
11	B	0,0009	0,0000
12	Co	0,000	0,0000
13	Cu	0,0016	0,0029
14	Mg	0,009	0,0002
15	Nb	0,003	0,0000
16	Pb	0,013	0,0001
17	Sn	0,000	0,0002
18	Ti	0,000	0,0000
19	V	0,001	0,0010
20	W	0,055	0,0003

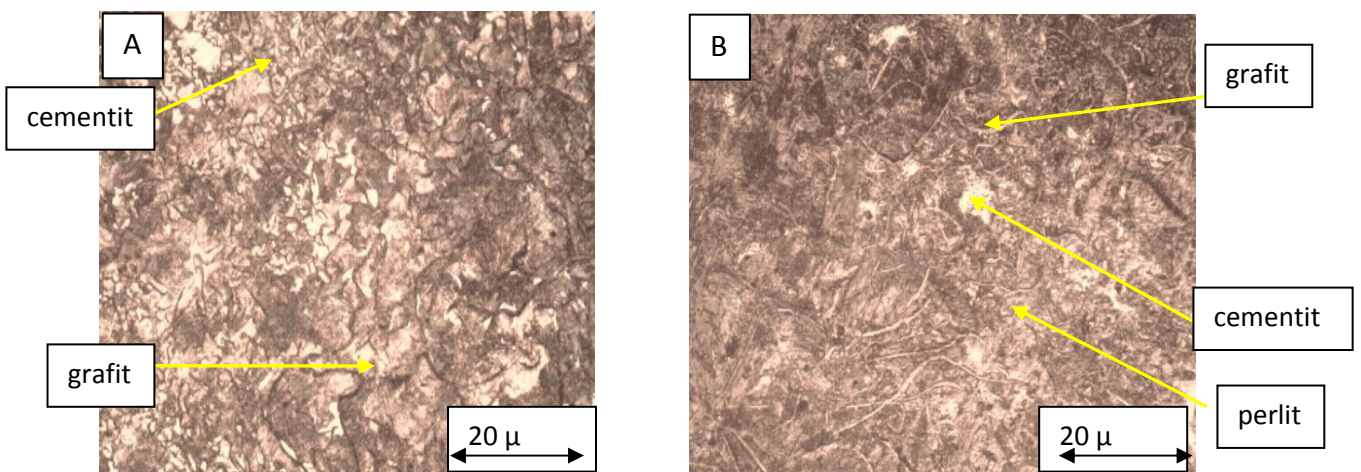
Pada hasil komposisi kimia terdapat 20 unsur tetapi hanya 6 unsur yang dapat berpengaruh pada besi cor yaitu Fe,C,Si,Mn,Cr, dan Ni. Pengaruh Karbon (C) untuk membentuk grafit dan titik *luquidus* dan *solidus* akan menjadi turun, Silikon (Si) Sebagai perangsang pertumbuhan grafit dan memperkecil daerah *austenit*, Mangan (Mn) Sebagai penstabil perlite/cementit, Crom (Cr) dan Nikel (Ni) untuk menambah kekerasan dan tahan korosi

3.3 Hasil Foto Mikro

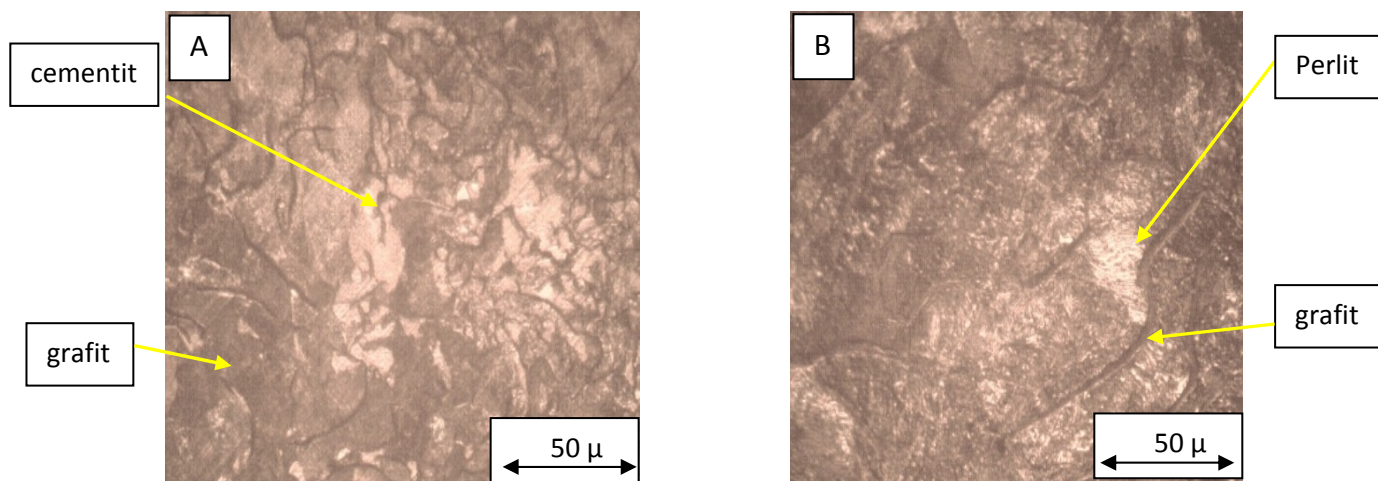
Struktur mikro baru akan terlihat dengan jelas apabila permukaan benda uji sudah benar-benar rata, halus dan mengkilap tanpa goresan, serta telah mengalami pengetsaan yang tepat. Ppengamatan dilakukan di bawah mikroskop *OlympusMetallurgical Microscope* dengan pembesaran yang optimal, sedangkan untuk pemotretan dilakukan dengan tambahan alat *olympus Photomicrographic System*



Gambar 3.2. Hasil foto *micro* Gambar A tanpa Mn dan Gambar B dengan penambahan Mn dengan Pembesaran 100x



Gambar 3.3. Hasil foto *micro* Gambar A tanpa Mn dan Gambar B dengan penambahan Mn Dengan Pembesaran 200x.



Gambar 3.4 Hasil Foto Mikro A tanpa penambahan Mn B Dengan penambahan Mn dengan pembesaran 500x

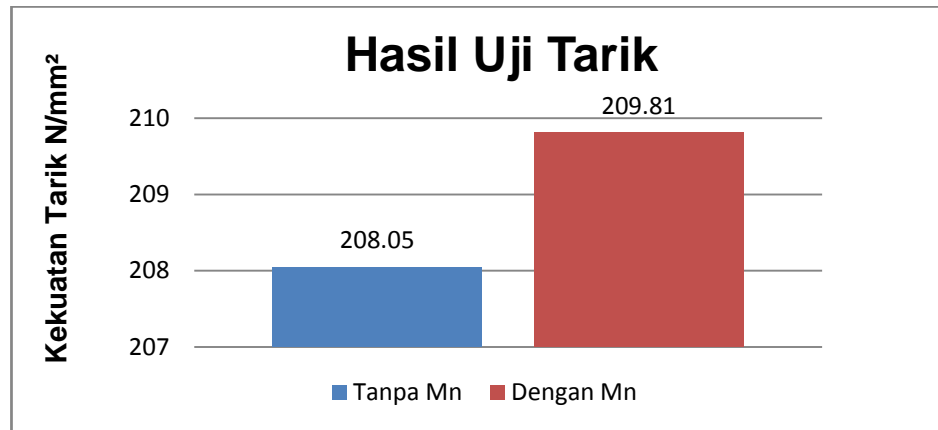
Pada gambar struktur mikro terlihat ada grafit, perlite, dan cementit, perbandingan grafit, perlite, dan cementit sehingga mempengaruhi harga kekerasan, pada gambar A terdapat ferit yang banyak akan tetapi perlite dan grafit hanya sedikit, sedangkan pada gambar B terdapat perit sedikit akan tetapi perlit dan grafit lebih besar

3.4 Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang seimbang. Hasil yang didapatkan dari uji tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. (JIS Z 2201 No 8B)

Tabel 3.2 Hasil Uji Tarik

No	Variasi	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1.	Tanpa Mn	208,5
2.	Dengan Mn	209,81



Gambar 3.4 Histogram Pengujian Tarik

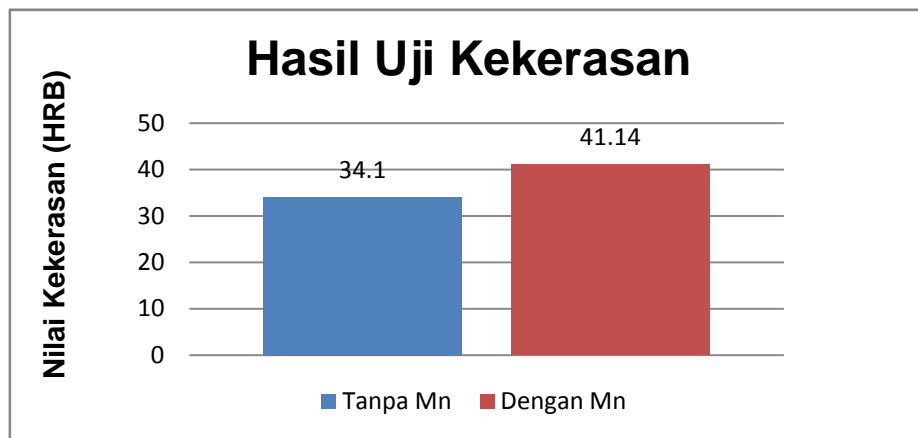
Padapengujian Tarik yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai tertinggi pada pengujian tersebut dapat diperoleh dengan penambahan Mn dengan nilai 209,81 N/mm². Dengan ini dapat disimpulkan bahwa penambahan Mn dapat mempengaruhi kekuatan besi cor kelabu tersebut, karena Mangan dapat menstabilkan perlite / cementit sehingga dapat memperbesar hasil kekuatan tarik.

3.5 Hasil Uji Kekerasan

Uji kekerasan rockwell memperhitungkan kedalaman indentasi dalam keadaan beban konstan sebagai penentu nilai kekerasan. Sebelum pengukuran, spesimen dibebani beban minor sebesar 10 kg untuk mengurangi kecenderungan ridging dan sinking akibat beban indenter. Setelah beban minor diberikan, spesimen langsung dikenakan beban mayor kedalaman indentasi yang terkorvesi dalam skala langsung dapat diketahui nilainya dengan membaca dial gage pada alat. Dial tersebut terdiri dari 100 bagian yang masing-masing mempresentasikan penetrasian sebesar 0,0002 mm. Dial disesuaikan sedemikian rupa sehingga nilai kekerasan yang tinggi berkorelasi dengan kecil penetrasian. (Rockwell SNI 19.0407 1998)

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell B Tanpa Mn

No	Variasi	Nilai Kekerasan (HRB)
1.	Tanpa Mn	34,1
2.	Dengan Mn	41,14



Gambar 3.7 Histogram Kekerasan Tanpa Mn

Dilihat dari hasil pengujian pada tabel 3.4, dan 3,5 di atas dapat diketahui penambahan Mn lebih tinggi yaitu rata-ratanya mencapai 41,14 HRB, sedangkan tanpa penambahan Mn nilai rata-ratanya hanya mencapai 34,1 HRB. Dapat disimpulkan bahwa penambahan Mn dapat meningkatkan kekerasan, karena Mangan dapat menstabilkan perlite / cementit sehingga dapat memperbesar hasil kekerasan.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa, pengujian spesimen dan pembahasan data yang diperoleh, maka dapat ditarik suatu kesimpulan yaitu :

1. Berdasarkan data hasil pengujian yang diperoleh dari CE meter temperatur awal saat dituang dalam cetakan 1315.2°C , temperatur *liquid* 1155.2°C bentuknya masih cair, temperatur *solid* 1113.2°C dimana besi mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur akhir 1017°C dimana besi telah beku dan mengeras dalam waktu 180 detik. Pada hasil komposisi kimia terdapat 20 unsur tetapi hanya 6 unsur yang dapat berpengaruh pada besi cor yaitu Fe, C, Si, Mn, Cr, dan Ni karena keenam unsur tersebut mengandung lebih dari 0,1% komposisi besi cor tersebut. Gambar struktur mikro terdapat perbandingan grafit dan cementit yang mempengaruhi nilai kekerasan pada setiap bagian, dan juga terdapat perlit (ferit + sementit) yang membuat nilai kekerasannya meningkat.
2. Hasil pengujian tarik sangat bervariasi setiap spesimen, pada spesimen tanpa penambahan Mn didapatkan hasil tertinggi sebesar $208,05 \text{ N/mm}^2$ sedangkan dengan penambahan Mn didapatkan hasil tertinggi $209,81 \text{ N/mm}^2$. Kemudian harga kekerasan pada spesimen yang di uji menggunakan *Hardness Rockwell B* pada setiap titik, pada spesimen tanpa penambahan Mn mendapatkan hasil rata-rata 34.10 HRB, sedangkan pada specimen dengan penambahan Mn mendapatkan hasil rata-rata 41.14 HRB.

4.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, penulis mempunyai beberapa saran yang dapat digunakan untuk proses pengembangan dan pembuatan besi cor kelabu pada cetakan pasir, yaitu :

1. Melakukan pembelajaran tentang teknik pengecoran sebagai referensi pendukung.
2. Memperhatikan persiapan alat dan bahan guna mendapatkan waktu yang tepat dan hasil yang baik.
3. Saat proses penelitian berjalan koordinasi dalam tim sangatlah penting baik dalam pembuatan dokumentasi, pembuatan spesimen, dan proses pengujian spesimen, guna mendapatkan data yang akurat.
4. Melakukan pengujian lebih dari satu kali atau berulang, guna untuk mendapatkan hasil yang lebih valid.

PERSANTUNAN

Syukur alhamdulillah, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini tugas akhir berjudul **“PENGARUH INOKULASI MANGAN PADA BESI COR KELABU TERHADAP KEKUATAN TARIK”** dapat terselesaikan atas dukungan dari

beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT, Ph.D, sebagaidekan fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Tri Widodo Besar Riyadi, ST, M.Sc, Ph.D, selaku ketua jurusan teknik mesin.
3. Bapak Agus Yulianto, ST, MT, selaku pembimbing utama yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dengan baik, sabar dan ramah.
4. Bapak Patna Partono, ST, MT, selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing dan mengoreksi dalam penyusunan tugas akhir ini dengan baik, sabar dan ramah.
5. Semua dosen teknik mesin yang telah memberikan banyak ilmu dan dorongan yang sangat membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini dengan baik.
6. Bapak, Ibu, kakak tercinta yang tiada henti memberikan motivasi dan do'a kepada penulis dari awal hingga terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman - teman satu kelompok,satu angkatan terima kasih atas bantuan dan dukunganya.

Penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun akansangat bermanfaat bagi penulisan laporan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

ASM Handbook. Volume 15 :*Casting*. ASM International : Metal Park, Ohio. 1988

Brown Jhon R. 2000.*Foseco ferrous foundryma's Hanbook*. London : Foseco Internasional Ltd

Fischer, S. F., Groß, H., Bührig-polaczek, A., & Bünck, M. (2015). Journal of Materials Processing Technology Surface layer inoculation of a sand cast hypoeutectic gray iron melt. *Journal of Materials Processing Tech.*, 220, 251–256. <http://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.01.029>

Fraś, E., & Górný, M. (2012). Inoculation Effects of Cast Iron. *Archives of Foundry Engineering*, 12(4), 39–46. <http://doi.org/10.2478/v10266-012-0104-z>

Gundlach, R., & Pipe, C. (2015). INFLUENCE OF Mn AND S ON THE PROPERTIES OF CAST IRON PART III – TESTING AND ANALYSIS, 9(2), 69–82.

Karim, Abdul (2008) PENGARUH PENAMBAHAN Cu 0,4% DAN Ni 0,6% TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA BESI COR KELABU. Skripsi thesis, Universitas muhammadiyah Surakarta

Sulamet-Ariobimo, R. D., Soedarsono, J. W., Sukarnoto, T., Rustandi, A., Mujalis, Y., & Prayitno, D. (2016). Tensile properties analysis of AA1100 aluminium and SS400 steel using different JIS tensile standard specimen. *Journal of Applied Research and Technology*. <http://doi.org/10.1016/j.jart.2016.03.006>

Widodo R <https://hapli.wordpress.com/foundry/inokulasi-pada-besi-cor/>